

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Maisner, Matthias; Becker, Holger

Fugeninstandsetzung mit einem stahlseilbewehrten Klemmfugenband

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102209>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Maisner, Matthias; Becker, Holger (2013): Fugeninstandsetzung mit einem stahlseilbewehrten Klemmfugenband. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 35-42.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAWKolloquium

Tagungsband

Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken

4. und 5. November 2013 in Karlsruhe



Quelle: WNA Aschaffenburg

Fugeninstandsetzung mit einem stahlseilbewehrten Klemmfugenband

Dipl.-Ing. M. Maisner (BAW), Dipl.-Ing. H. Becker (BAW)

1 Einleitung, Problemstellung

Dauerhafte dichte Bewegungsfugen haben im Verkehrswasserbau eine zentrale Bedeutung. Die Funktionsfähigkeit der Fugen ist in Abhängigkeit vom anstehenden Untergrund eine wichtige Voraussetzung zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit massiver Schifffahrtsschleusen. In Schleusen können z.B. durch betriebsbedingte wechselnde Wasserstände bei defektem Dichtungssystem in kurzer Zeit große Bodenmengen umgelagert werden können. In jüngerer Vergangenheit traten derartige Probleme bei zwei Schleusen im süddeutschen Raum auf /1/. Die Fugenabstände, mit denen Schleusenbauwerke in der Vergangenheit errichtet wurden, betragen etwa zwischen 12 und 40 m. Die Fugenabwicklung eines Schleusenbauwerkes mit drei Sparbecken und einer Kammerhöhe von 28 m kann ca. 2000 m betragen. Früher wurden als Dichtelemente oftmals Bleche aus Kupfer oder Blei eingesetzt. Fugenbänder aus PVC werden seit den 70er Jahren und aus Elastomer seit den 80er Jahren verwendet. Im Extremfall müssen diese Dichtelemente Wasserdruckdifferenzen bis etwa 35 m widerstehen. Gleichzeitig sollten sie in der Lage sein Verformungen auch über planmäßige Nutzungsdauern von 100 Jahren hinweg sicher aufzunehmen. Nach dem heutigen Stand der Technik können thermoplastische Fugenbänder aus PVC jedoch nur bis zu Wasserdrücken von 1,2 bar (entsprechend 12 m Wasserdruckdifferenz) bei einer resultierenden Gesamtverformung von 15 mm eingesetzt werden /2/. Daher ist es kaum verwunderlich, wenn an älteren Schleusenbauwerken mit PVC-Fugenbändern Undichtigkeiten festgestellt werden. Ferner können Verdichtungsmängel beim Betoneinbau ursächlich für Wasserdurchtritte, ggfs. mit Bodenumlagerung, sein. Die exakte Lage von Fehlstellen ist oftmals nicht eindeutig zu lokalisieren. Eine gezielte lokale Schadensbeseitigung ist daher kaum möglich. Aufgrund der hohen Wasserdrücke im Verkehrswasserbau können Instandsetzungsmethoden wie Vergelung der Fugen /1/ in der Regel nicht erfolgreich eingesetzt werden. Die Anordnung von nachträglich aufgesetzten Klemmfugenbänder war daher bislang die einzige wirksame Instandsetzungsmethode für undichte Fugen. Im Rahmen eines FuE-Vorhabens der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) werden momentan Instandsetzungsmöglichkeiten für undichte Fugen untersucht.

2 Bisherige Instandsetzungsmethoden

Bislang erfolgten in der WSV dauerhaft wirksame Fugeninstandsetzungen mit geklebten gewebeverstärkten Elastomer-Bahnen. Dabei war die Gewebeverstärkung in der Regel zweilagig. Bei Schleusen am Main-Donau-Kanal und bei der neuen Schleuse Uelzen 2 wurden aufgesetzte Omega-Fugenbänder auch als zusätzliche Dichtungslinie für ausgewählte Bauwerksbereiche eingebaut. Für den Fugentyp mit einer Richtungsänderung in der Abdichtungsebene ist die Klemmkonstruktion meist sehr aufwendig. Das nachfolgende Bild 1 zeigt exemplarisch ein Omega-

Fugenband der Schleuse Dietfurt mit einer Spiralfeder zur dauerhaften Klemmung. Das Stahlrohr wurde angeordnet um ein Umschlagen des Fugenbandes bei rückseitigem Wasserdruck zu verhindern.

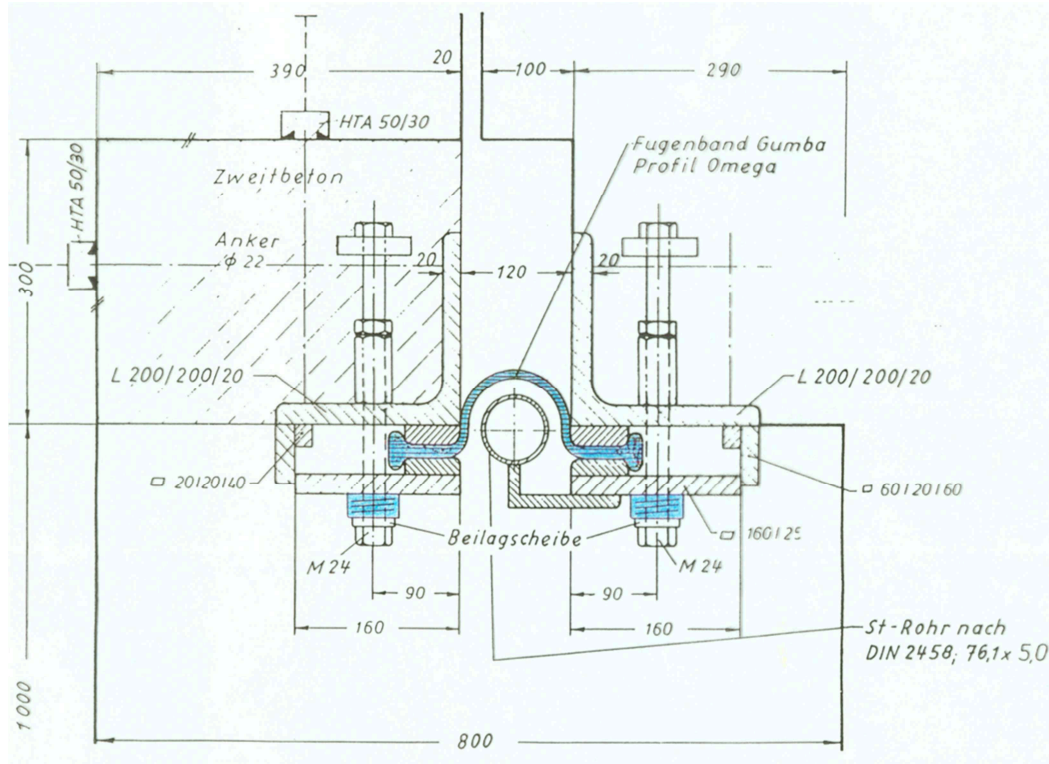


Bild 1: Omega-Fugenband mit Spiralfeder für die dauerhafte Klemmung

Für Fugen, die keine Richtungsänderung in der Abdichtungsebene beinhalten, ist auch ein Überbohren des Fugenspaltes und das Einsetzen eines Elastomerschlauches möglich. Für dieses Verfahren besteht ein Patentschutz.

3 Pilotprojekt Doppelschleuse Kleinostheim

Die in den Jahren 1969 bis 1971 in Stahlbeton erbaute Doppelschleuse Kleinostheim stellt eine Rahmenkonstruktion dar, bei welcher die Kammerwände biegesteif in die Sohle einbinden. Beide Kammern haben eine Nutzlänge von 300 m sowie eine Kammerbreite von 12,0 m. Befüllung und Entleerung finden über Umläufe statt, welche sowohl in den Kammerwänden als auch in der Mittelwand angeordnet sind und über Stichöffnungen das Wasser in die Kammer einleiten bzw. aus der Kammer aufnehmen. Als Torverschlüsse kamen sowohl im Oberwasser als auch zum Unterwasser hin Stemmtoore zum Einsatz.

Da die Wehranlage im Bereich des Unterhauptes an die Doppelschleuse anschließt, steht unmittelbar an der mainseitigen Kammerwand auf ganzer Länge der Main mit seinem Oberwasserstand an.

In Längsrichtung ist die Schleuse mit durchgehenden Dehnfugen in einzelne Blöcke unterteilt. Die Blocklänge beträgt im Normalfall 12,25 m, wovon nur im Bereich der Kammerenden abgewichen wurde. In der eigentlichen Kammer befinden sich 24 Blöcke.

Die entsprechend der Bauzeit vermutlich als PVC-Fugenband eingebaute Fugenabdichtung folgt dem in Bild 2 eingezeichneten Querschnittsverlauf. Rund ein Drittel der Fugen sind mittlerweile undicht; bei einem Teil davon ist auch Materialeintritt zu beobachten.

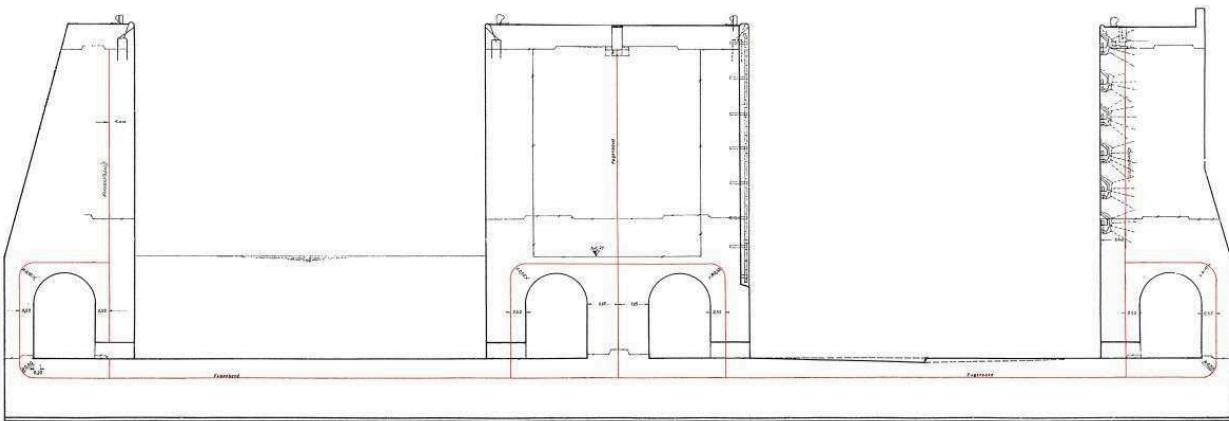


Bild 2: Querschnitt Doppelschleuse mit Verlauf des Fugenbandes

Nach Messung der temperaturbedingten Fugenbewegung an ausgewählten Fugen und Extrapolation auf die im Laufe der Nutzungszeit zu erwartenden Bewegungen erfolgte in der BAW die Konzeption einer Instandsetzung mittels eines direkt auf den Beton aufgesetzten stahlseilbewehrten Klemmfugenbandes. Anschließend kam diese an der am stärksten geschädigten Fuge sowohl in der Nordkammer als auch in einem Längslauf im Rahmen eines Pilotprojektes zur Ausführung.

4 Instandsetzungsvarianten mit einem stahlseilbewehrten Klemmfugenband (SBK)

Dauerhaft spannungshaltende Klemmkonstruktionen sind erforderlich um die Relaxation und die Retardation (Kriechen) des Fugenbandes zu kompensieren. Bei einer Zugbewegung verjüngt sich der Querschnitt des Fugenbandes da Elastomere als inkompressible Flüssigkeiten zu betrachten sind. Für Elastomere gilt der 2. Hauptsatz der Thermodynamik nach Rudolf Clausius wonach $dS \geq 0$. Aufgrund der sog. Entropieelastizität der Elastomere gilt kein Hookesches Gesetz. Die aus dem Stahlbau bekannten Zusammenhänge für Schraubverbindungen und Drehmomente können nicht angewendet werden. Im Falle des SBK wird dieser Umstand durch die eingebetteten Stahlseile ausgeglichen.

Spiralfedern benötigen aufgrund des erforderlichen Federweges eine größere Länge. Daher haben Tellerfedern nach DIN 2093 /3/ entscheidende Vorteile. Zudem sind sie aufgrund der kleineren Oberfläche bei gleicher Federkraft gegenüber Spiralfedern infolge geringeren Korrosionsverlustes als dauerhafter zu bewerten. Eine derartige Klemmkonstruktion für WSV-Anwendungen wurde

erstmalig im Rahmen einer Diplomarbeit am Lehrstuhl für Baustofftechnologie unter externer Betreuung der BAW untersucht /4/. Ein Untersuchungsschwerpunkt dieser Arbeit war die Dichtigkeit bei einem Richtungswechsel in der Abdichtungsebene unter rückseitigem Wasserdruck. Bild 3 zeigt die Eckausbildung Kammerwand/Sohle mit einem stahlseilbewehrten Klemmfugenband (SBK).

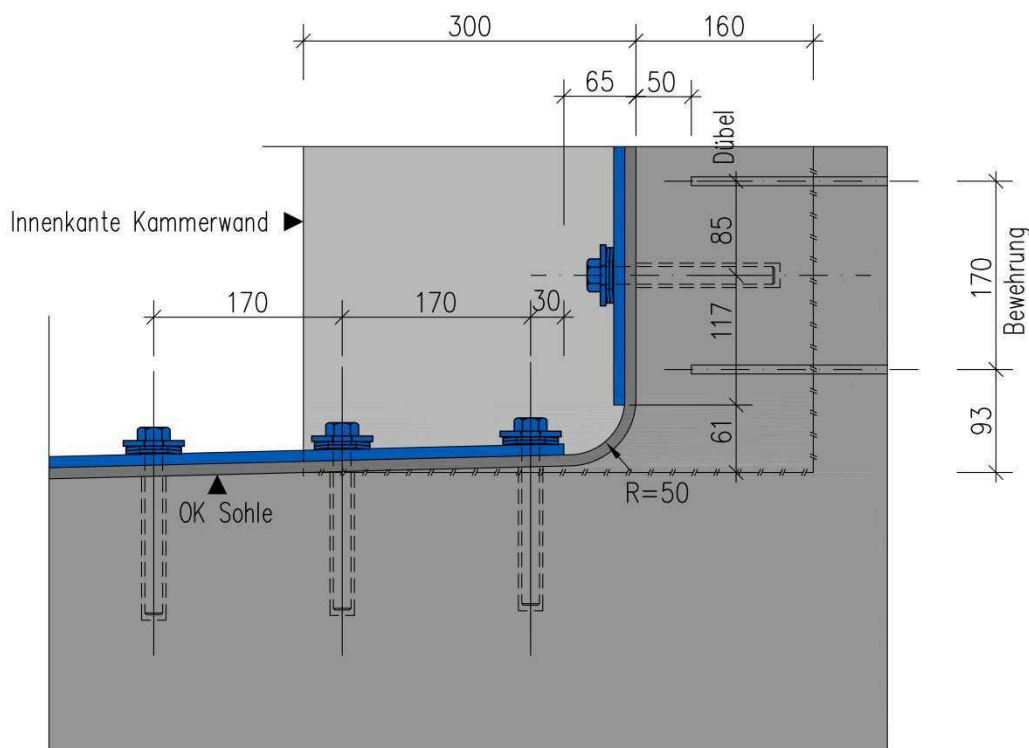


Bild 3: Richtungsänderung in der Abdichtungsebene bei einer Ausführung mit SBK

Konventionelle Klemmkonstruktionen im Sinne von DIN 18195-9 /5/ erfordern eine Los- und Festflanschkonstruktion mit einem Radius von mehr als 200 mm für die Richtungsänderung in der Abdichtungsebene. Für die Untersuchungen im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein sog. Hubgurt mit einem Stahlseil-Zugträger verwendet. Bei dem Produkt handelt es sich um Lagerware eines namhaften Fördergurtherstellers für das Heben und Senken von PKW-Rohkarosserien in Fertigungsstraßen der Automobilindustrie. Das nachfolgende Bild 4 zeigt den Querschnitt eines 360 mm breiten Hubgurtes (SBK) nach /6/.

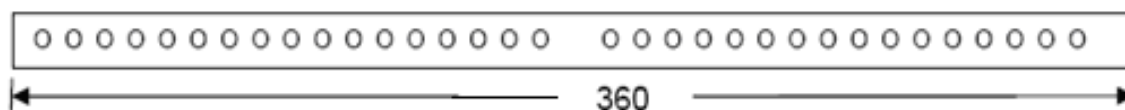


Bild 4: Querschnitt des 360 mm breiten SBK

Aufgrund der mittigen Anordnung des SBK über dem Fugenspalt ist der Dehnbereich ohne Stahlseile. Der Biegeradius beträgt im Gegensatz zu den konventionellen Klemmkonstruktionen nur 50 mm. Die 2,75 mm dicken Stahlseile des SBK verlaufen in der in Bild 2 dargestellten Eckausbildung in Richtung der Fugenlängsachse. Das SBK hat eine Masse von 5,10 kg/ lfd. m.

Ein weiteres Novum der Untersuchungen war das direkte Aufbringen auf die Betonoberfläche ohne aufwendige Festflanschkonstruktion. Während auf der Sohle ein Egalisieren mittels Abschleifen der Betonoberfläche genügte, musste an den Kammerwänden eine Nische ausgebrochen und neu aufbetoniert werden, um ein Versenken bzw. einen wandinnenkantigen Abschluss zu erreichen, s. Bild 5.

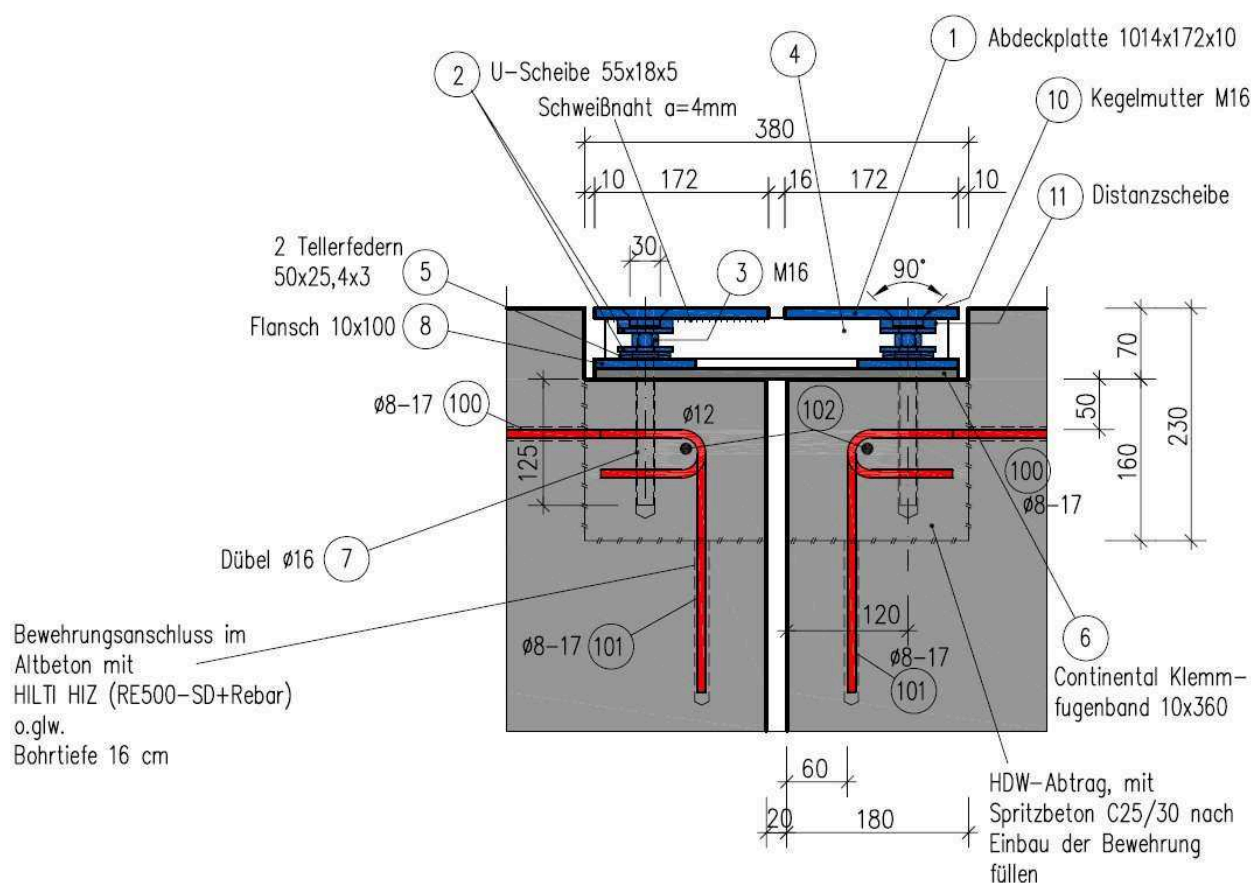


Bild 5: Fugenquerschnitt der SBK-Instandsetzung im anfahrgefährdeten Bereich

Die Befestigung des Fugenbandes auf dem Beton erfolgte über handelsübliche Dübel im Abstand von 17 cm, welche über den stählernen Losflansch das Fugenband gegen den Beton jeweils mit 24 kN (je Dübel) Vorspannung andrücken.

5 Methode “Kombination Überbohren der Fuge und Klemmkonstruktion“

Die bisherigen Instandsetzungsmethoden haben den Nachteil, dass für die gesamte Maßnahme zur Fugeninstandsetzung eine Trockenlegung mit entsprechender Schifffahrtssperre erforderlich ist. Im Rahmen einer Bachelorthesis im Studiengang Bauingenieurwesen der Hochschule Karlsruhe wird momentan unter Betreuung der BAW die Methode “Überbohren der Fuge in Kombination mit einer Klemmkonstruktion“ untersucht. Das “Überbohren der Fuge“ hat den Vorteil, dass das vertikale Abteufen der Bohrung von der Plattform bis auf Unterwasserhöhe unter Schleusenbetrieb erfolgen kann. Nur für das Aufbringen der Klemmkonstruktion im Bereich der Schleusensohle und das Ansetzen der Schrägbohrung für den Anschluss an die Vertikalbohrung ist eine Trockenlegung der Schleusenkammer erforderlich (siehe Bild 7).

6 Untersuchungen zur Fugensimulation an einem Betonmodell

Für die Untersuchungen im Rahmen der Bachelorthesis wurden zwei Betonteile aus WU-Beton in einem Fertigteilwerk hergestellt und wie aus Bild 6 ersichtlich zusammengesetzt.



Bild 6: Betonmodell für die Fugensimulation in der BAW

Die horizontale Fugenanordnung wurde gewählt, weil eine Fugenbewegung der beiden 3,7 t schweren Betonteile bei vertikaler Fuge eine aufwendige Konstruktion erfordert hätte. Über die an den Betonteilen fixierten Stahlrahmen kann mit Hilfe von hydraulischen Druckzylindern (maximale Hublast 12 t) das obere Betonteil gehoben werden. Der Fugenspalt zwischen den beiden Betonteilen wird durch das SBK abgedichtet und kann mit Wasser gefüllt werden. Der Fugenbandverlauf

wird in Bild 7 dargestellt. An dem Betonmodell wurden auf der Stirnseite fünf überschneidende 152,7 cm lange Bohrungen ober- und unterhalb der Fuge mit einem Durchmesser von 12,5 cm hergestellt. Die mit einem Schrägwinkel von 30° hergestellten Schrägbohrungen (siehe Bild 7) hatten eine Länge von 110 cm. Das SBK wurde zunächst durch die hergestellten Bohrungen gezogen und an den Seitenflächen auf der Betonoberfläche aufgeklemt. Danach erfolgte das Verfüllen der Bohrungen mit einem handelsüblichen schnell erhärtenden Vergussmörtel. Auf der Stirnseite des Betonmodells erfolgte die Endlosfügung des geklemmten und einbetonierten Bereichs des SBK.

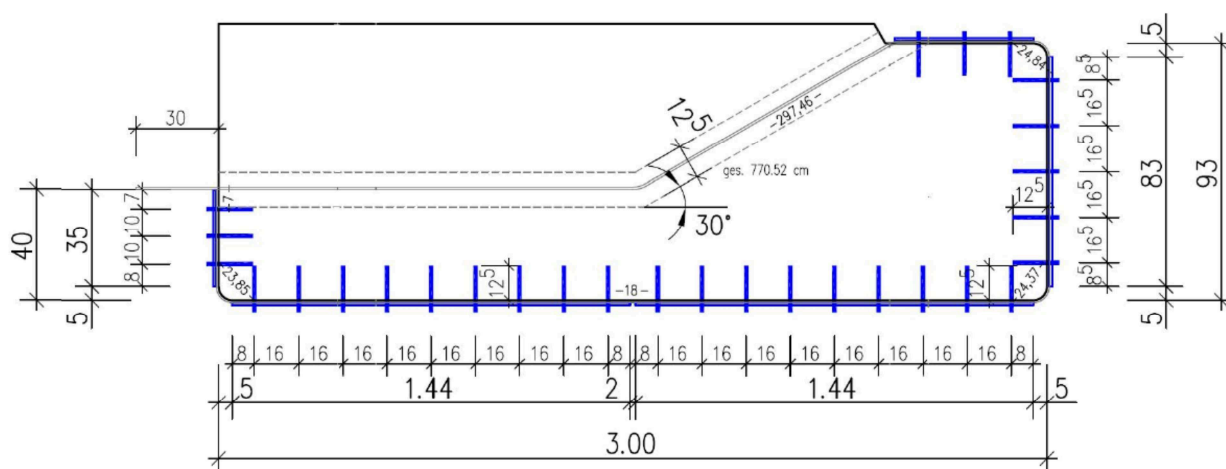


Bild 7: Horizontaler Fugenverlauf im Betonmodell

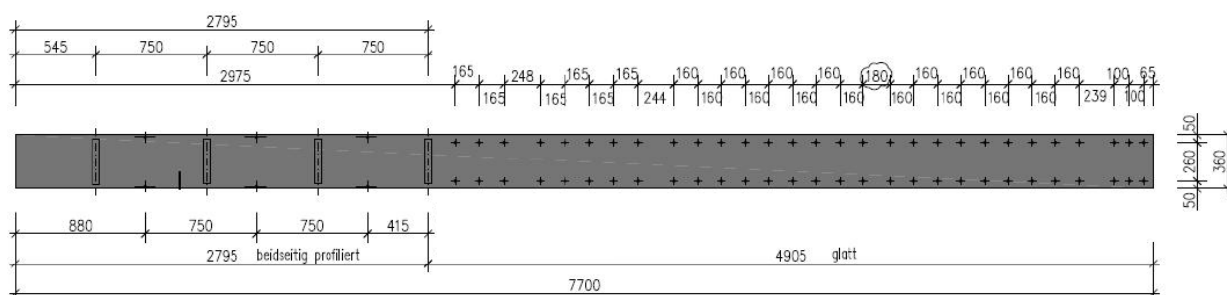


Bild 8: Abwicklung des SBK mit Klemm- und einbetoniertem Bereich

In einem ersten Schritt wurde der Fugenspalt ohne Druck unter Wasser gesetzt. Danach erfolgt eine visuelle Dichtigkeitskontrolle. Es soll ein maximaler Wasserdruck von 1,5 bar simuliert werden. Unter diesem Druck erfolgen in 5 mm Schritten, wobei die Bewegung des Fugenspaltes mit induktivem Wegaufnehmer gemessen wird, weitere visuelle Kontrollen. Nach erfolgreicher Modelluntersuchung soll die vorgestellte Methode in der Doppelschleuse Kleinostheim wieder pilotartig eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- /1/ Maisner, M.; Eßer, A.; Kwenjeu, A.; Westendarp, A.; Schnellenbach-Held, M.: Quellfähige Acrylatgele – Eine Instandsetzungsalternative für Bewegungsfugen in Verkehrswasserbauwerken? Beton- und Stahlbetonbau 107, 2012 Heft 9, S. 601 – 612
- /2/ DIN 7865-2, Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 2:Werkstoff-Anforderungen und Prüfung, Beuth Verlag GmbH, Berlin 02-2008
- /3/ DIN 2093, Tellerfedern, Qualitätsanforderungen, Maße, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2013-02
- /4/ Che Han, Diplomarbeit, Möglichkeiten für die Herstellung der Dichtigkeit von Bewegungsfugen in massiven Verkehrswasserbauwerken, Uni Karlsruhe, August 2009
- /5/ DIN 18195-9, Bauwerksabdichtungen - Teil 9: Durchdrin, Übergänge, An- und Abschlüsse, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2004-03
- /6/ CONTI® Fördergurte für die Automobilindustrie, Produktinformation der ContiTech Transportbandsysteme GmbH, Nordheim Stand: 122007-03-12